知识储备

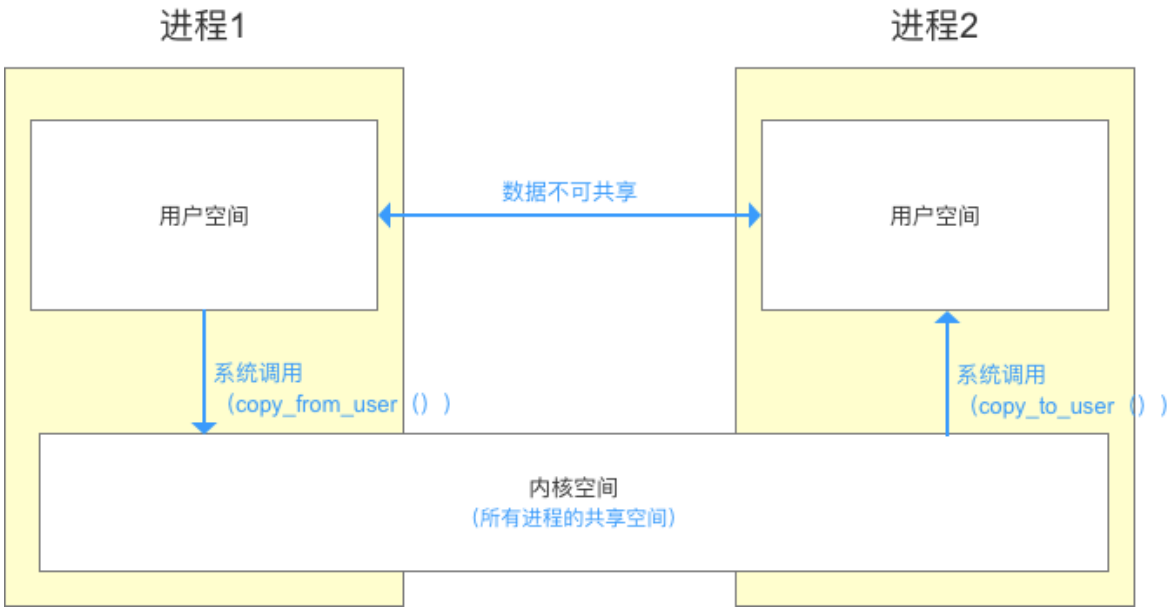
Linux进程空间划分

- 一个进程空间分为 用户空间 & 内核空间（Kernel），即把进程内 用户 & 内核 隔离开来
- 二者区别：
- 进程间，用户空间的数据不可共享，所以用户空间 = 不可共享空间
- 进程间，内核空间的数据可共享，所以内核空间 = 可共享空间

> 所有进程共用1个内核空间

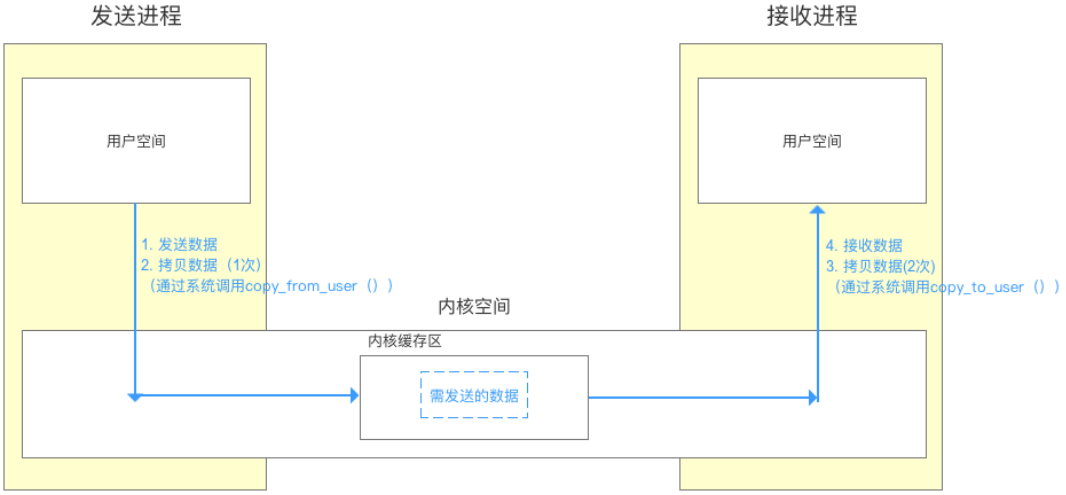
- 进程内 用户空间 & 内核空间 进行交互 需通过 系统调用，主要通过函数：

> 1. copy_from_user（）：将用户空间的数据拷贝到内核空间
> 2. copy_to_user（）：将内核空间的数据拷贝到用户空间



进程隔离 & 跨进程通信（IPC）

- 进程隔离
- 为了保证 安全性 & 独立性，一个进程 不能直接操作或者访问另一个进程，即Android的进程是相互独立、隔离的
- 跨进程通信（IPC）
- 即进程间需进行数据交互、通信
- 跨进程通信的基本原理

工作流程	1. 发送进程 通过 系统调用，将需发送的数据拷贝到 Linux进程的内核空间中的缓存区中 （数据拷贝1次、通过copy_from_user（）） （注：进程中的空间分为用户空间 & 内核空间，其中用户空间不可共享 & 直接传输数据、内核空间是所有进程共享 & 可传输数据） 2. 内核服务程序 唤醒接收进程的接收线程，通过系统调用将数据发送到接收进程的用户空间中，最终完成数据发送（数据拷贝2次、通过copy_to_user（）） 即，最终实现了 进程间的用户空间 的数据交互
示意图	
缺点	1. 效率低下：因需做2次数据拷贝 = 用户空间 –>> 内核空间 –>> 用户空间 2. 接收数据的缓存要由接收方提供，但接收方却不知道到底要多大的缓存才满足需求 （一般的做法是：开辟尽量大的空间 or 先调用API接收消息头获得消息体大小，再开辟适当的空间接收消息体，但前者浪费空间、后者浪费时间）

内存映射mmap

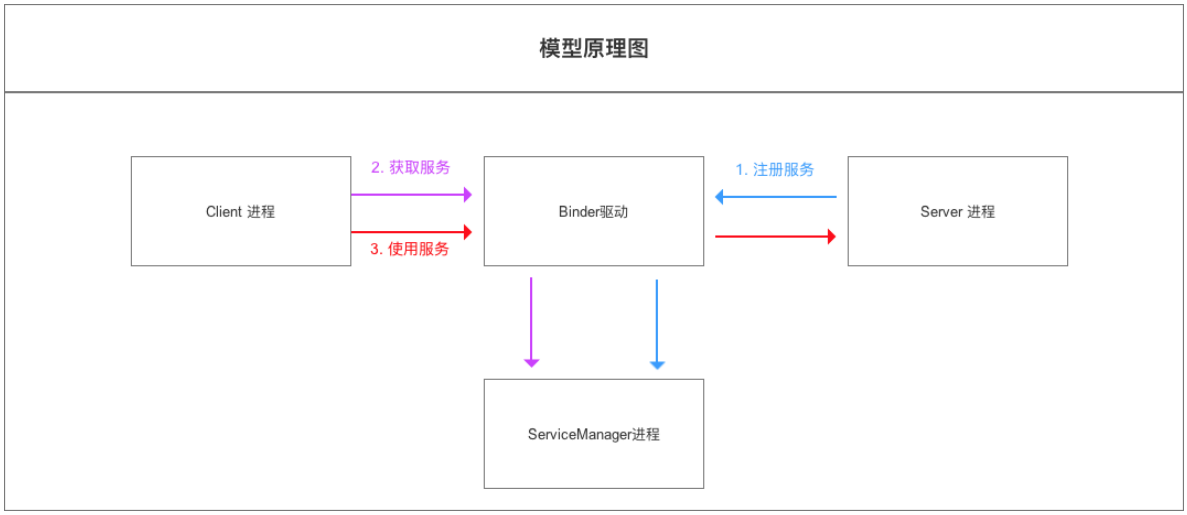
mmap是一种内存映射文件的方法，即将一个文件或者其它对象映射到进程的地址空间，实现文件磁盘地址和进程虚拟地址空间中一段虚拟地址的一一对映关系。实现这样的映射关系后，进程就可以采用指针的方式读写操作这一段内存，而系统会自动回写脏页面到对应的文件磁盘上，即完成了对文件的操作而不必再调用read,write等系统调用函数。相反，内核空间对这段区域的修改也直接反映用户空间，从而可以实现不同进程间的文件共享

Binder到底是什么?

- 中文即 粘合剂，意思为粘合了两个不同的进程
- 需要从不同的角度去看

Binder 跨进程通信机制 模型

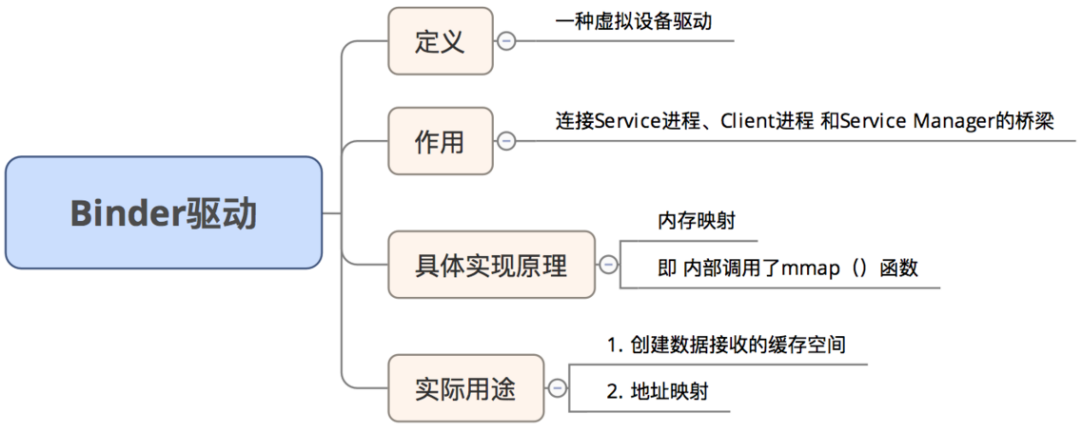
- Binder 跨进程通信机制 模型 基于 Client - Server 模式



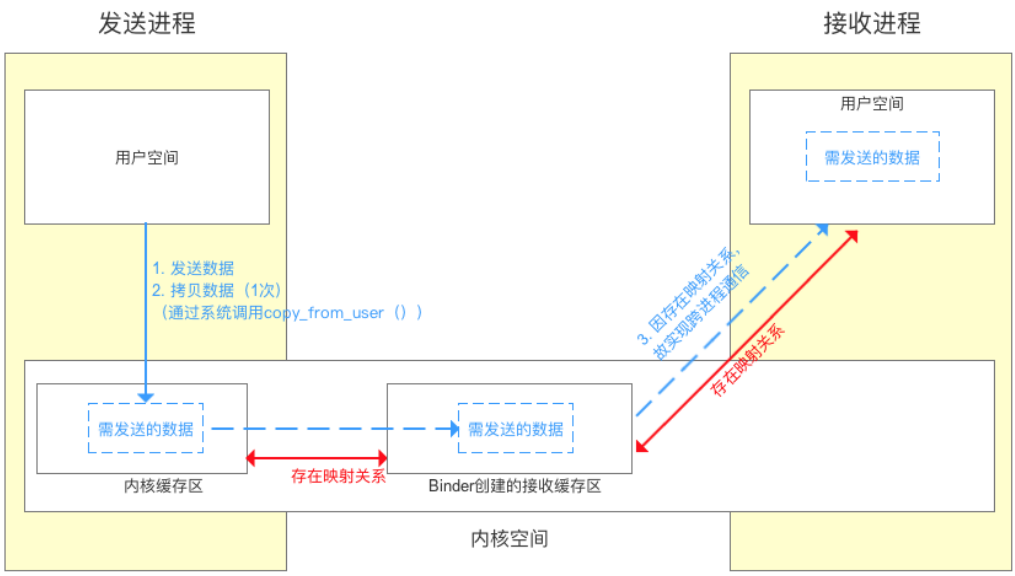
模型组成角色说明

角色	作用	备注
Client 进程	使用服务 的进程	Andorid 客户端
Server 进程	提供服务 的进程	服务器端
ServiceManager进程	管理 Service 注册与查询（将字符形式的Binder名字 转化成Client中对该Binder的引用）	类似于路由器
Binder 驱动	一种虚拟设备驱动，是连接Service进程、Client进程 和Service Manager的桥梁 ， 具体作用为： 1. 传递进程间的数据：通过内存映射 2. 实现线程控制：采用Binder的线程池，并由Binder驱动自身进行管理	Binder驱动持有每个Server进程在内核空间中的Binder实体，并给Client进程提供Binder实体的引用

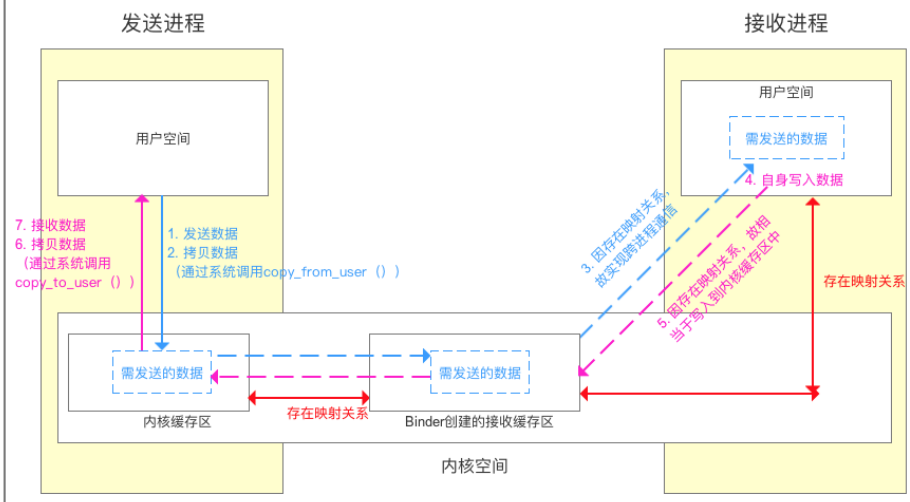
- 此处重点讲解 Binder驱动的作用 & 原理：



- 跨进程通信的核心原理

工作流程	1. Binder驱动 创建一块 接收缓存区 2. 实现地址映射关系：即 根据需映射的接收进程信息，实现 内核缓存区 和 接收进程用户空间地址 同时映射到 同1个共享接收缓存区中 （注： 前2个阶段仅创建了虚拟区间 & 映射关系，但并无将传输数据；真正的数据传输时刻：当进程发起读 / 写操作时） 3. 发送进程 通过 系统调用copy_from_user（）发送数据到虚拟内存区域（数据拷贝1次） 4. 由于 内核缓存区 & 接收进程的用户空间地址 存在映射关系（同时映射Binder创建的接收缓存区中），故相当于也发送到了接收进程的用户空间地址，即实现了跨进程通信
示意图	
优点	• 传输效率高：数据拷贝次数少（1次）、用户空间 & 内核空间可直接通过共享对象直接交互 • 为接收进程 分配了不确定大小的接收缓存区

模型原理步骤说明

<table>
<tr><th>步骤</th><th colspan="3">过程描述</th></tr>
<tr><td>1. 注册服务</td><td colspan="2">1. Server进程 向 Binder驱动 发起服务注册请求
2. Binder驱动 将注册请求转发给Service Manager进程
3. Service Manager进程 添加该Server进程（即已注册服务）</td><td>此时，ServiceManager进程拥有了Server进程的信息</td></tr>
<tr><td>2. 获取服务</td><td colspan="2">1. Client 向 Binder 驱动发起获取服务的请求，传递要获取的服务名称
2. Binder 驱动将该请求转发给 ServiceManager 进程
3. ServiceManager 查找到 Client 需要的 Server 对应的服务信息
4. 通过 Binder 驱动将上述服务信息返回给 Client进程</td><td>此时，Client进程与 Server进程已经建立了连接</td></tr>
<tr><td rowspan="6">3. 使用服务</td><td colspan="2">步骤1： Binder驱动为跨进程通信作准备：实现内存映射
（调用mmap （） 系统函数）</td><td>1. Binder驱动 创建一块 接收缓存区
2. 实现地址映射关系：即 根据 ServiceManager进程里的Server信息找到对应的Server 进程
，实现 内核缓存区 和 Server 进程用户空间地址 同时映射到 同1个接收缓存区中
（注：此时仅创建了虚拟区间 & 映射关系，但并无将传输数据）</td></tr>
<tr><td colspan="2">步骤2： Client进程 将参数数据发送到Server进程</td><td>1. Client进程 通过 系统调用copy_from_user （） 发送数据到内核空间中的缓存区；（当前线程被挂起）
（ 由于 内核缓存区 & 接收进程的用户空间地址 存在映射关系（同时映射Binder创建的接收缓存区中），故相当于也发送到了Server进程的用户空间地址，即Binder驱动实现了跨进程通信）
3. Binder驱动 通知Server 进程执行 解包</td></tr>
<tr><td colspan="2">步骤3： Server进程 根据Client进程要求 调用目标方法</td><td>1. 收到Binder驱动通知后，Server 进程从线程池中取出 线程，进行数据解包 & 调用目标方法
2. 将最终执行结果写入到自己的共享内存中</td></tr>
<tr><td colspan="2">步骤4：Server进程 将目标方法的结果 返回给Client进程</td><td>1. 将最终执行结果写入存在映射的用户空间的内存区域中
（ 由于 内核缓存区 & 接收进程的用户空间地址 存在映射关系（同时映射Binder创建的接收缓存区中），故相当于也发送到了内核缓存区中）
2. Binder驱动通知Client进程获得返回结果（此时Client进程之前被挂起的线程被重新唤醒）
3. Client进程 通过 系统调用copy_to_user （）从内核缓存区接收Server进程返回的数据</td></tr>
<tr><td>示意图</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>优点</td><td colspan="2">• 传输效率高：每次单向通信数据拷贝次数少（1次）、用户空间 & 内核空间可直接通过共享对象直接交互
• 为接收进程 分配了不确定大小的接收缓存区</td></tr>
</table>

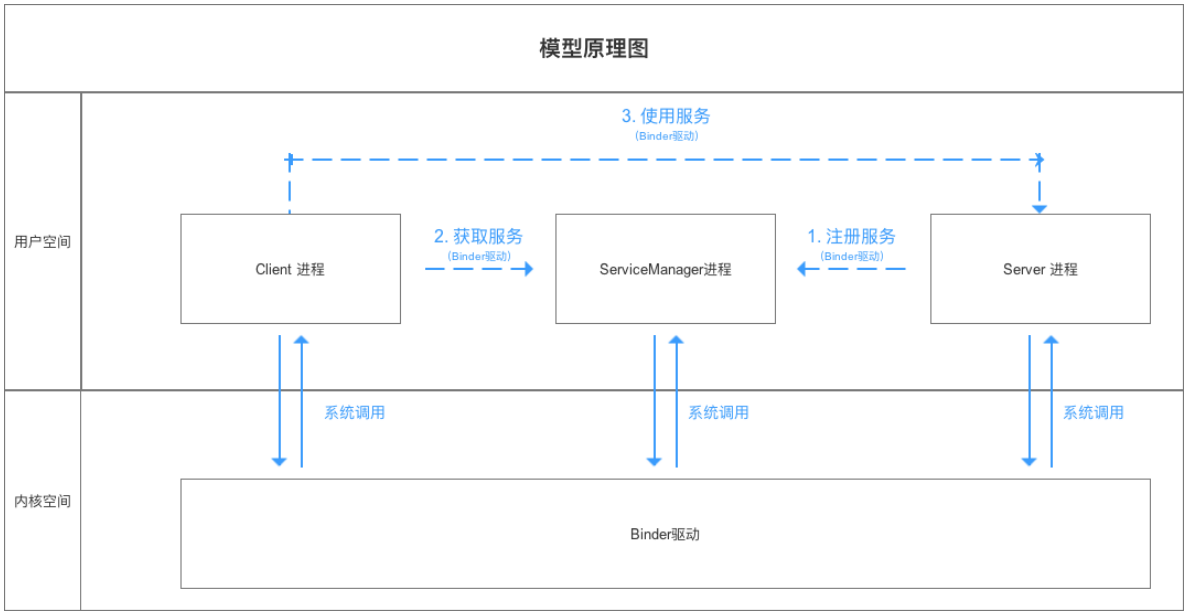
注意

说明1：Client进程、Server进程 & Service Manager 进程之间的交互 都必须通过Binder驱动（使用 open 和 ioctl文件操作函数），而非直接交互
原因：

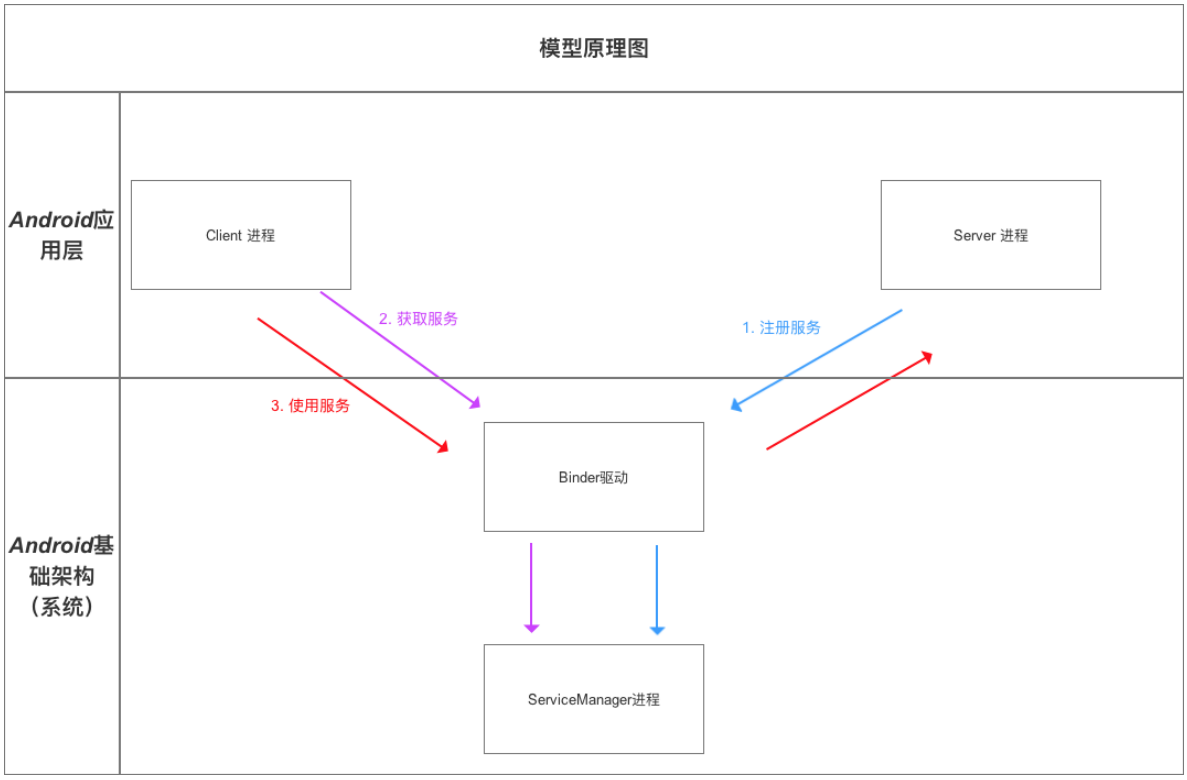
1. Client进程、Server进程 & Service Manager进程属于进程空间的用户空间，不可进行进程间交互
2. Binder驱动 属于 进程空间的 内核空间，可进行进程间 & 进程内交互

所以，原理图可表示为以下：

> 虚线表示并非直接交互



说明2： Binder驱动 & Service Manager进程 属于 Android基础架构（即系统已经实现好了）；而 Client 进程 和 Server 进程 属于Android应用层（需要开发者自己实现）
所以，在进行跨进程通信时，开发者只需自定义Client & Server 进程 并 显式使用上述3个步骤，最终借助 Android的基本架构功能就可完成进程间通信



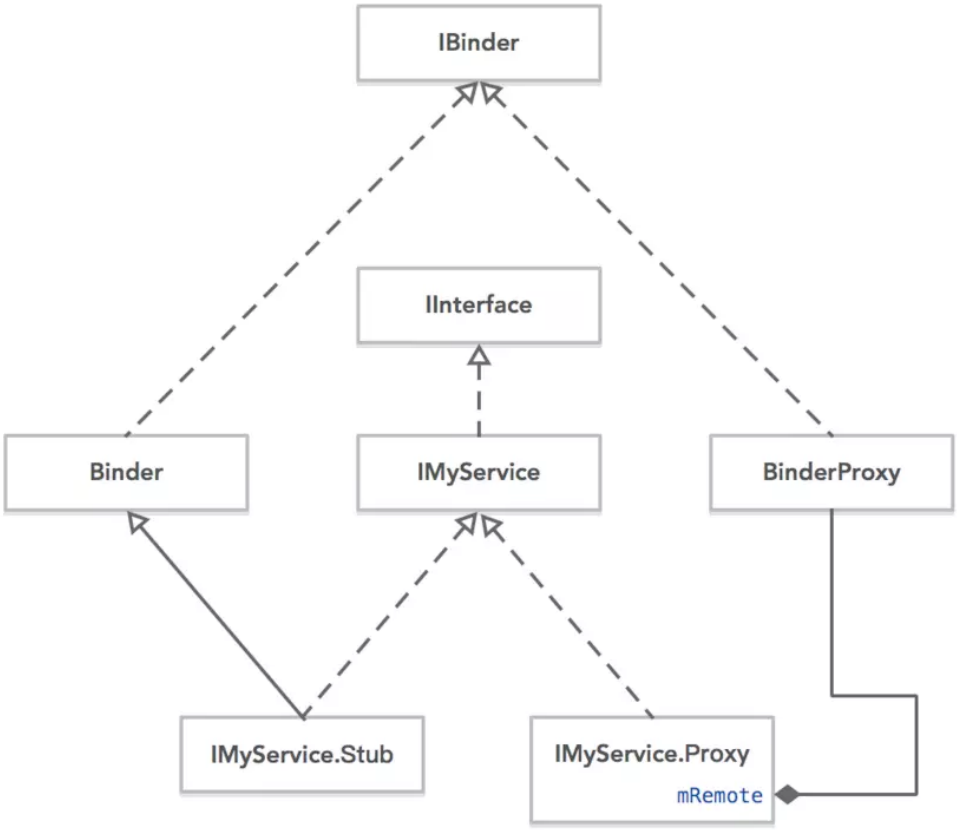
说明3：Binder请求的线程管理
Server进程会创建很多线程来处理Binder请求
Binder模型的线程管理 采用Binder驱动的线程池，并由Binder驱动自身进行管理

> 而不是由Server进程来管理的

一个进程的Binder线程数默认最大是16，超过的请求会被阻塞等待空闲的Binder线程。

> 所以，在进程间通信时处理并发问题时，如使用ContentProvider时，它的CRUD（创建、检索、更新和删除）方法只能同时有16个线程同时工作

Binder机制 在Android中的具体实现原理



AIDL 生成的就是 IMyService 这个接口，而 Stub 和 Proxy 则是这个接口的两个内部类，分别是 Binder 类和 BinderProxy 类的子类（Proxy 类虽然是用组合方式来持有 BinderProxy 的，但实际就是在直接用这个类，只不过做了一层封装，让其更易使用而已），Stub 和 Proxy 都实现了 IMyService。
所以 IInterface 到底是什么，它就是一个用于表达 Service 提供的功能的一个契约，也就是说 IInterface 里有的方法，Service 都能提供，调用者你别管用的是 BinderProxy 还是什么，只要拿到 IInterface，你就可以直接调用里面的方法，它就是一个接口。
同时 Stub 虽然实现了 IMyService，但是并没有实现厘米的任何方法，它是一个抽象类，开发者需要自己子类化 Stub 去实现具体的功能。
Proxy 实现了 IMyService，并且实现了里面的方法，这些方法的实现我们下面再说。
为什么 IMyService 要分 Stub 和 Proxy 呢？这是为了要适用于本地调用和远程调用两种情况。如果 Service 运行在同一个进程，那就直接用 Stub，因为它直接实现了 Service 提供的功能，不需要任何 IPC 过程。如果 Service 运行在其他进程，那客户端使用的就是 Proxy，这里这个 Proxy 的功能大家应该能想到了吧，就是把参数封装后发送给 Binder 驱动，然后执行一系列 IPC 操作最后再取出结果返回。
好，到这里请求用 Proxy 发出去了，Service 怎么接受请求并作出响应呢，这就需要 Stub 了，还记得我们的 Stub 是继承自 Binder 的吗？Binder 有一个 onTransact 方法，而 Stub 重写了这个函数，这个函数三个重要参数：int code、Parcel data、Parcel reply，分别对应了被调函数编号、参数包、响应包。当 Proxy 发起了一个请求，服务端中相应的响应线程就会通过 JNI 调用到 Stub 类，然后执行里面的 execTransact 方法，进而转到 onTransact 方法。（这一系列调用链大家可以从源码中分析出来，我这里作为抛砖引玉，就不带大家分析 native 层的代码了）

为什么必须理解 Binder？

作为 Android 工程师的你，是不是常常会有这样的疑问：

为什么 Activity 间传递对象需要序列化?
Activity 的启动流程是什么样的?
四大组件底层的通信机制是怎样的?
AIDL 内部的实现原理是什么?
插件化编程技术应该从何学起?等等...
这些问题的背后都与 Binder 有莫大的关系，要弄懂上面这些问题理解 Bidner 通信机制是必须的。

我们知道 Android 应用程序是由 Activity、Service、Broadcast Receiver 和 Content Provide 四大组件中的一个或者多个组成的。有时这些组件运行在同一进程，有时运行在不同的进程。这些进程间的通信就依赖于 Binder IPC 机制。不仅如此，Android 系统对应用层提供的各种服务如：ActivityManagerService、PackageManagerService 等都是基于 Binder IPC 机制来实现的。Binder 机制在 Android 中的位置非常重要，毫不夸张的说理解 Binder 是迈向 Android 高级工程的第一步。

2.2 为什么是 Binder ?
Android 系统是基于 Linux 内核的，Linux 已经提供了管道、消息队列、共享内存和 Socket 等 IPC 机制。那为什么 Android 还要提供 Binder 来实现 IPC 呢？主要是基于性能、稳定性和安全性几方面的原因。

性能
首先说说性能上的优势。Socket 作为一款通用接口，其传输效率低，开销大，主要用在跨网络的进程间通信和本机上进程间的低速通信。消息队列和管道采用存储-转发方式，即数据先从发送方缓存区拷贝到内核开辟的缓存区中，然后再从内核缓存区拷贝到接收方缓存区，至少有两次拷贝过程。共享内存虽然无需拷贝，但控制复杂，难以使用。Binder 只需要一次数据拷贝，性能上仅次于共享内存。

IPC方式	数据拷贝次数
共享内存	0
Binder	1
Socket/管道/消息队列	2

注：各种IPC方式数据拷贝次数，此表来源于Android Binder 设计与实现 - 设计篇

稳定性
再说说稳定性，Binder 基于 C/S 架构，客户端（Client）有什么需求就丢给服务端（Server）去完成，架构清晰、职责明确又相互独立，自然稳定性更好。共享内存虽然无需拷贝，但是控制负责，难以使用。从稳定性的角度讲，Binder 机制是优于内存共享的。

安全性
另一方面就是安全性。Android 作为一个开放性的平台，市场上有各类海量的应用供用户选择安装，因此安全性对于 Android 平台而言极其重要。作为用户当然不希望我们下载的 APP 偷偷读取我的通信录，上传我的隐私数据，后台偷跑流量、消耗手机电量。传统的 IPC 没有任何安全措施，完全依赖上层协议来确保。首先传统的 IPC 接收方无法获得对方可靠的进程用户ID/进程ID（UID/PID），从而无法鉴别对方身份。Android 为每个安装好的 APP 分配了自己的 UID，故而进程的 UID 是鉴别进程身份的重要标志。传统的 IPC 只能由用户在数据包中填入 UID/PID，但这样不可靠，容易被恶意程序利用。可靠的身份标识只有由 IPC 机制在内核中添加。其次传统的 IPC 访问接入点是开放的，只要知道这些接入点的程序都可以和对端建立连接，不管怎样都无法阻止恶意程序通过猜测接收方地址获得连接。同时 Binder 既支持实名 Binder，又支持匿名 Binder，安全性高。

基于上述原因，Android 需要建立一套新的 IPC 机制来满足系统对稳定性、传输性能和安全性方面的要求，这就是 Binder。

最后用一张表格来总结下 Binder 的优势：

优势	描述
性能	只需要一次数据拷贝，性能上仅次于共享内存
稳定性	基于 C/S 架构，职责明确、架构清晰，因此稳定性好
安全性	为每个 APP 分配 UID，进程的 UID 是鉴别进程身份的重要标志

Binder 通信中的代理模式

我们已经解释清楚 Client、Server 借助 Binder 驱动完成跨进程通信的实现机制了，但是还有个问题会让我们困惑。A 进程想要 B 进程中某个对象（object）是如何实现的呢？毕竟它们分属不同的进程，A 进程 没法直接使用 B 进程中的 object。

前面我们介绍过跨进程通信的过程都有 Binder 驱动的参与，因此在数据流经 Binder 驱动的时候驱动会对数据做一层转换。当 A 进程想要获取 B 进程中的 object 时，驱动并不会真的把 object 返回给 A，而是返回了一个跟 object 看起来一模一样的代理对象 objectProxy，这个 objectProxy 具有和 object 一摸一样的方法，但是这些方法并没有 B 进程中 object 对象那些方法的能力，这些方法只需要把把请求参数交给驱动即可。对于 A 进程来说和直接调用 object 中的方法是一样的。

当 Binder 驱动接收到 A 进程的消息后，发现这是个 objectProxy 就去查询自己维护的表单，一查发现这是 B 进程 object 的代理对象。于是就会去通知 B 进程调用 object 的方法，并要求 B 进程把返回结果发给自己。当驱动拿到 B 进程的返回结果后就会转发给 A 进程，一次通信就完成了。

5.4 Binder 的完整定义
现在我们可以对 Binder 做个更加全面的定义了：

从进程间通信的角度看，Binder 是一种进程间通信的机制；
从 Server 进程的角度看，Binder 指的是 Server 中的 Binder 实体对象；
从 Client 进程的角度看，Binder 指的是对 Binder 代理对象，是 Binder 实体对象的一个远程代理
从传输过程的角度看，Binder 是一个可以跨进程传输的对象；Binder 驱动会对这个跨越进程边界的对象对一点点特殊处理，自动完成代理对象和本地对象之间的转换。